

屏東縣第 65 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：生活與應用科學科(三)(化學工程/環境科學)

組 別：國中組

作品名稱：衣起涼吧！探討哪一色衣服較涼爽快乾

關 鍵 詞：涼爽、顏色、快乾

編號：B8006

摘 要.....	2
壹、研究動機.....	2
貳、文獻探討.....	2
參、 研究目的	3
肆、實驗設備及器材.....	3
伍、研究架構與流程.....	5
陸、研究過程及方法.....	7
柒、討論及結論.....	23
捌、參考資料及其它.....	28

摘要

夏天穿什麼顏色衣服較涼，我們得到了如果衣服是緊貼在皮膚上那淺色較涼，如果衣服是寬鬆的，棉質衣要穿深色的，排汗衫要穿淺色的，如果有風吹拂，風速 $>1\text{m/s}$ ，則穿深色的，涼感衣在大太陽下沒有比棉質衣涼，綜合以上，**要涼爽就是穿寬鬆棉質深色衣較涼**。衣服撐開晾曬最佳距離為 6cm ，衣服最快乾；陰天或室內曬衣，衣服乾燥快慢與顏色較無關，但在大太陽下，晾曬快慢為黑 $>$ 紅 $=$ 黃 $>$ 綠 $=$ 藍 $>$ 白，黑衣最快乾，因此**夏天穿著黑衣較涼爽又快乾**。

壹、研究動機

由於地球暖化，屏東夏天豔陽高照，溫度節節高昇，外出沒多久就滿頭大汗，衣物全濕，為了瞭解夏天穿哪種顏色衣服較涼快，我們查了一下資料，結果發現穿寬鬆的黑色衣服較涼，原因是黑色吸收輻射熱多，衣物本身溫度上升快，容易讓衣物周遭產生煙囪效應，帶動空氣對流，而使皮膚感覺涼爽，所以這也是貝都因人和阿拉伯人常穿深色衣服的原因（圖一），這實在是顛覆我們長久以來夏天穿淺色衣服、冬天穿深色衣服的認知，而所謂的寬鬆，到底是要離皮膚幾公分？如果有風吹拂下，是不是結果就不一樣呢？於是

我找了幾位同學共同研究，找出夏天穿什麼顏色衣服較涼？面對因為流汗，而換下的大量衣物，我們突發奇想，如果晾濕衣服時，哪一種顏色的衣服較快乾呢？上網查資料並無相關研究，只查到一篇科展報告，實驗結果是藍色，但也沒有說明原因，於是找了幾位同學共同研究，找出夏天穿什麼顏色衣服較涼？下雨天穿什麼顏色衣服較快乾？的答案。



圖一

貳、文獻探討

一、穿什麼顏色較涼？

文章標題	重點摘要	來源
熱的輻射 (白)	冬季衣服多是黑色或深色，夏季衣服多是白色或淺色。	國二南一教科書
“Color heat”衣服的顏色，你選對了嗎？ (黑)	1. 深色布易吸收輻射熱；淺色比較容易反射輻射熱。 2. 嚴冬時，相同材質的貼身衣物，建議穿淺色的較保暖。而夏天以深色衣物較容易將體熱散去。	屏東縣第61屆中小學科學展覽會
穿比不穿還涼 (白)	布料的材質比顏色更具有影響力，涼感布吸放熱與傳導性較好，比棉布容易和環境達熱平衡；且同材質中以黑色效率較佳。	新竹縣第63屆中小學科學展覽會
夏天穿哪種顏色的衣服最涼快？ (白)	最涼爽到最吸熱衣物排序是：白 $>$ 黃 $>$ 灰 $>$ 紅 $>$ 紫 $>$ 藍 $>$ 淺綠 $>$ 深綠 $>$ 黑	風傳媒新新聞 2021年08月20日
「夏天穿白色的衣服比較涼」，真的嗎？ (風)	1. 白衣服比較不會吸收輻射，溫度比黑衣服低 11°C 。 2. 黑衣服吸收的熱輻射是白衣服的 3 倍，但底下的皮膚溫度卻一樣。 3. 黑衣服帶動「煙囪效應」，促進空氣循環讓人體降溫。 4. 穿黑衣服比較涼的前提是「透氣」。	科技報 2019年07月23日
夏天也不能裸體出門的熱力學理由 (風)	1. 人體和空氣通過熱傳導散熱，幾乎可以忽略不計。而輻射這麼重要，就是因為其散熱的功率，和溫度的四次方成正比。	環球科學 2019年06月23日

	2. 在外界風較大 ($>3\text{m/s}$) 的情況下，淺色衣服相比深色衣服就沒有優勢了。	
--	---	--

以上是我們收集到的資料，我們分析後發現有分為三個論點：

- (一) 穿白色比較涼：南一、新竹 63 屆、風傳媒
- (二) 穿黑色比較涼：屏東 61 屆
- (三) 無風穿白色較涼，有風穿黑色較涼：科技勢、環球科學

我們仔細研究上述資料，發現有些只以熱像儀測量衣服的溫度，就斷言白衣較涼，但我們覺得涼不涼要看皮膚與衣服間的溫度才對，新竹 63 屆及屏東 61 屆，雖然有測量皮膚與衣料間的溫度，但衣料上方並沒有燈照來持續加熱，下方的溫水也會隨時間而降溫而影響測量結果，而且風到底會不會讓結果相反也是值得探討的。

二、晾什麼顏色快乾？

大『架』 『乾』 臨	1. 密閉空間或開放空間中，當衣架間距為6公分時，衣服的乾燥效果最好。 2. 棉質衣的殘餘水分率為黑色>灰色>紅色>白色>藍色，乾燥效果最好的是藍色衣和白色衣，灰色和黑色衣乾燥效果較差。	屏東縣第58屆國 中小科學展覽會
------------------	--	---------------------

什麼顏色衣服快乾很少有這方面研究，一般只是研究晾曬方法及材質，顏色只有屏東58屆，但也只做出藍色較快乾，也沒有探討原因，所以我們也想研究看看。

參、研究目的

實驗一、在皮膚上覆蓋黑、白兩色棉質及涼感材質布料，以傳統燈泡照射，比較皮膚表面及布料表面的溫度變化。

實驗二、比較不同顏色排汗衫及棉T，緊貼於3D列印機熱床上，以保特瓶罩住，在鹵素燈照射下，其衣服表面及模擬皮膚溫度變化情形。

實驗三、比較各色棉T及排汗衫，與3D列印機熱床隔開一高度，以保特瓶罩住，在鹵素燈照射下，其衣服表面及模擬皮膚溫度變化情形。

實驗四、比較各色排汗衫，與3D列印機熱床隔開一高度，在鹵素燈照射下，其衣服表面及模擬皮膚溫度變化情形。

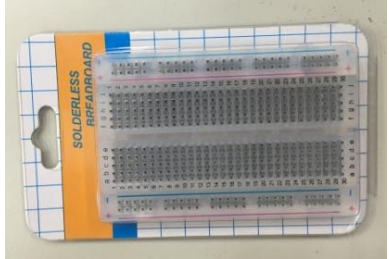
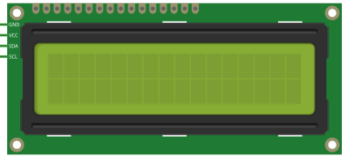
實驗五、比較各色排汗衫，與3D列印機熱床隔開一高度，以保特瓶罩住，並以電扇吹拂，在鹵素燈照射下，其衣服表面及模擬皮膚溫度變化情形。

實驗六、利用交叉衣架，找出使白色T恤乾燥的最佳衣物撐開距離。

實驗七、探討顏色對衣服乾燥速率的影響。

肆、實驗設備及器材

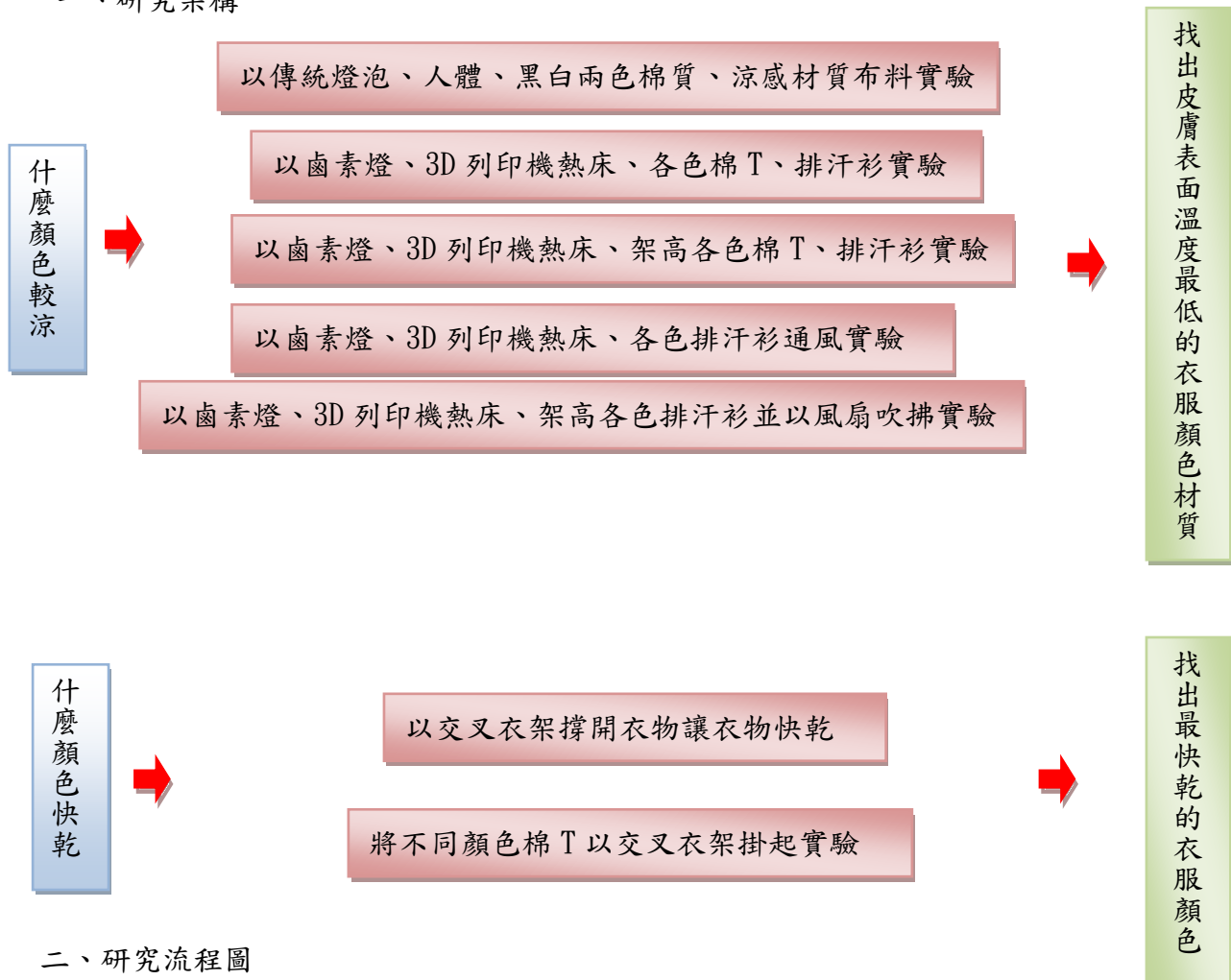
		
游標尺	隱形膠帶	鋼尺

		
風速計	線鋸機	風扇
		
3D 列印機	傳統檯燈	鹵素燈
		
各色棉 T	各色排汗衫	DHT11 溫溼度感測器
		
束線帶	排線	麵包板
		
Arduino uno	Lcd 液晶顯示模組	尼龍繩

		
不銹鋼衣架	木條	S掛勾
		
鑽床	帶鋸機	電子秤

伍、研究架構與流程

一、研究架構



二、研究流程圖

尋找測量
溫度儀器

製作出利用 Arduino uno 板、Lcd 液晶
顯示模組、DHT11 溫溼度感測器組合而
成，可同時測量皮膚及衣服表面的溫度計

尋找實驗材料，得
到傳統燈泡燈、黑
白棉 T、涼感衣共
五件

檢討實驗一

1. 雖然在密閉教室內作實驗，燈泡到布料間還是有空氣流動。
2. 隨著光照時間增長，提供手掌進行測試同學感覺愈來愈熱，皮膚也出現汗水，這也影響到實驗數據。
3. 只做黑白兩色太少。

進行實驗一

改良實驗一

1. 傳統燈泡燈換成鹵素燈，燈泡到布料表面加裝保特瓶裁切的管子，使呈密閉。
2. 人體手掌改成 3D 列印機熱床。
3. 使用同一材質多種不同顏色布料。

購買各色棉 T、排汗衫為
材料，跟學校借鹵素燈、
3D 列印機，收集透明保特
瓶。

切割、黏
貼、組合實
驗平台。

進行實驗二

改良實驗二

布料平鋪熱床上，與熱床間無縫隙，人體有曲線，除非穿上緊身衣才完全無縫隙，一般衣服多少與皮膚皆有縫隙，加上隔開架，隔開熱床與衣服

進行實驗三

改良實驗三

在陽光照射下，衣服表面還是有空氣會流通，拿掉鹵素燈到衣服間的保特瓶

進行實驗四

進行實驗五

改良實驗四

有時會有風，以風扇吹拂，模擬起風

尋找使衣服
快乾方法

設計、製作出交叉衣
架，將衣物撐開

進行實驗六，找
出最佳撐開距離

使用最佳距
離衣架，進
行實驗七

找出最快乾
的顏色

陸、研究過程及方法

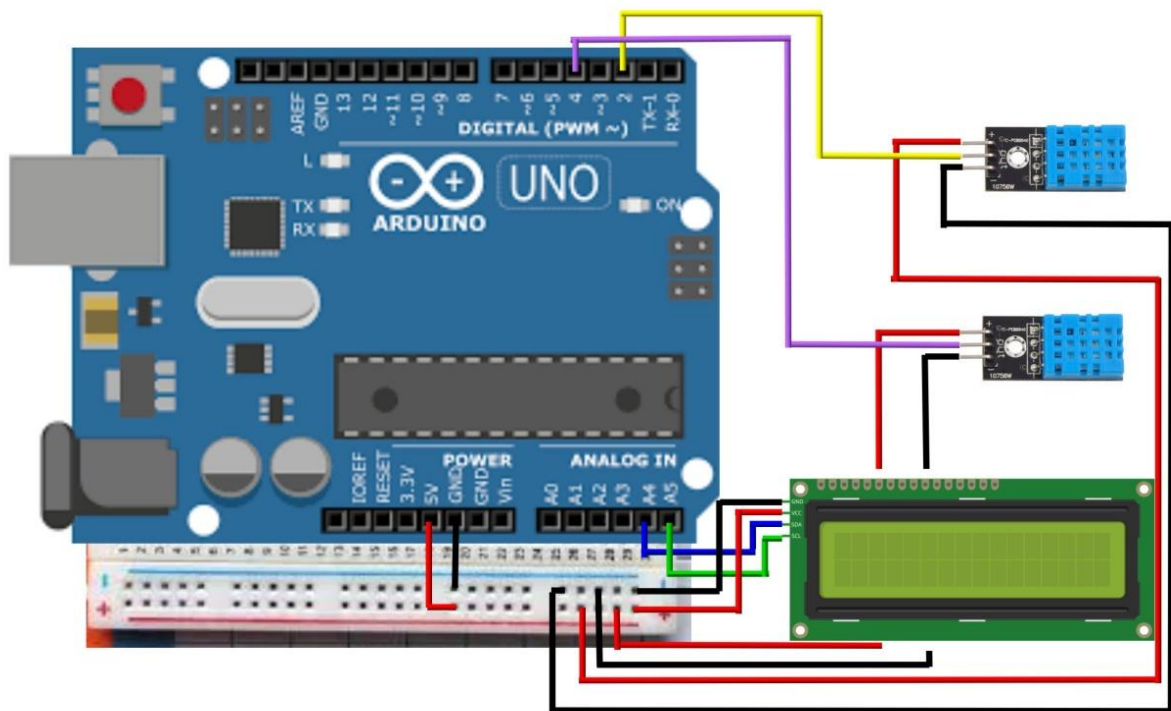
一、製作測量溫度儀器

為了同時了解皮膚及衣物表面溫度情形，我們決定使用二個 DHT11 溫溼度感測器，並以 LCD 液晶顯示器，顯示二個 DHT11 偵測到的溫度數據。

(一) DHT11 溫溼度感測器、Arduino uno 及 LCD 液晶顯示器接線圖 (圖二)

(二) 完成的測試儀器

完成的感測器如圖三，在組裝過程中，我們發現每一顆 DHT11 溫溼度感測器，溼度、溫度部分每一顆顯示會不盡相同，因此我們試了很多顆，找到兩顆顯示一樣的，避免誤差太大，如圖四。



圖二接線圖

(三) 程式

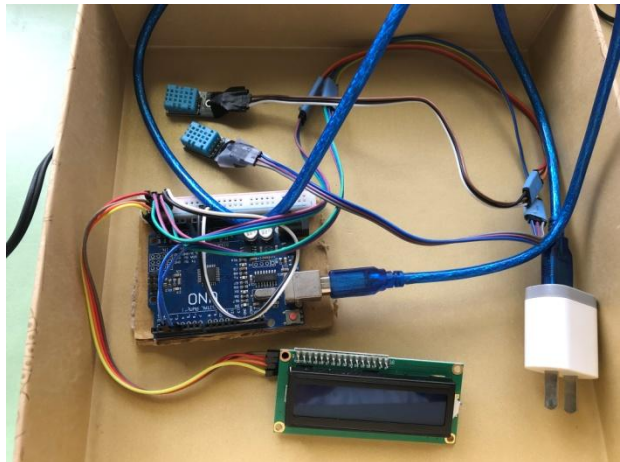
```
// Example testing sketch for various DHT humidity/temperature sensors
// Written by ladyada, public domain
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2      // what digital pin we're connected to
#define DHT2PIN 4     // what digital2 pin we're connected to
// Uncomment whatever type you're using!
#define DHTTYPE DHT11   // DHT 11
// #define DHTTYPE DHT22   // DHT 22 (AM2302), AM2321
// #define DHTTYPE DHT21   // DHT 21 (AM2301)
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// 設定 LCD I2C 位址
// LED_Fundino 紅色板子用
// LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
// LED_MH 黑色板子用
// LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```



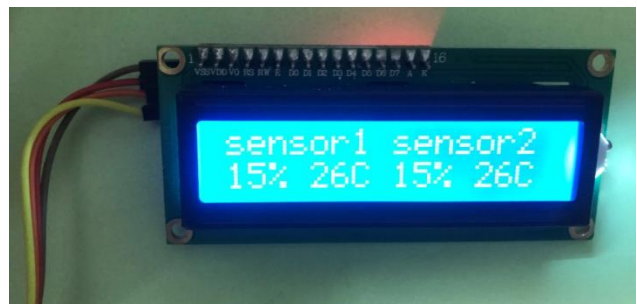
```

DHT dht2(DHT2PIN, DHTTYPE);
void setup() {
  lcd.init();
  // 初始化 LCD，一行 16 的字元，共 2 行，預設開啟背光
  lcd.begin(16, 2);
  //
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
  dht2.begin();
  // 閃爍兩次
  for (int i = 0; i < 1; i++) {
    lcd.backlight(); // 開啟背光 DHT11
    delay(250);
    lcd.noBacklight(); // 關閉背光
    delay(250);
  }
  lcd.backlight();
  // 輸出初始化文字
  lcd.setCursor(0, 0); // 設定游標位置在第一行行首
  lcd.print("Hello, Maker!");
  delay(500);
  lcd.setCursor(0, 1); // 設定游標位置在第二行行首
  lcd.print("thermometer*2");
  delay(1000);
  lcd.clear(); // 顯示清除
}
void loop() {
  // Wait a few seconds between measurements.
  delay(100);
  // Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!
  // Sensor readings may also be up to 2 seconds 'old' (its a very slow sensor)
  float h = dht.readHumidity();
  // Read temperature as Celsius (the default)
  float t = dht.readTemperature();
  // Read temperature as Fahrenheit (isFahrenheit = true)
  float f = dht.readTemperature(true);
  // 第二個 sensor
  // Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!
  // Sensor readings may also be up to 2 seconds 'old' (its a very slow sensor)
  float h2 = dht2.readHumidity();
  // Read temperature as Celsius (the default)
  float t2 = dht2.readTemperature();
  // Read temperature as Fahrenheit (isFahrenheit = true)
  float f2 = dht2.readTemperature(true);
  // Compute heat index in Fahrenheit (the default)
  float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
  // Compute heat index in Celsius (isFahreheit = false)
  float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);
  lcd.setCursor(0, 0); // 設定游標位置在第一行行首
  lcd.print("sensor1 sensor2");
  lcd.setCursor(0, 1); // 設定游標位置在第二行行首

```



圖三感測器成品



圖四找到兩顆溫濕度顯示相同的



圖五棉 T

```

// 如果拔除 sensor1 出現 error
if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
  lcd.print("!error!");
  return;
}
lcd.print(int(h)); //int(h)取 h 的整數
lcd.print("% ");
lcd.print(int(t));
lcd.print("C ");
// 如果拔除 sensor2 出現 error
if (isnan(h2) || isnan(t2) || isnan(f2)) {
  lcd.print("!error!");
  return;
}
lcd.print(int(h2));
lcd.print("% ");
lcd.print(int(t2));
lcd.print("C");
}

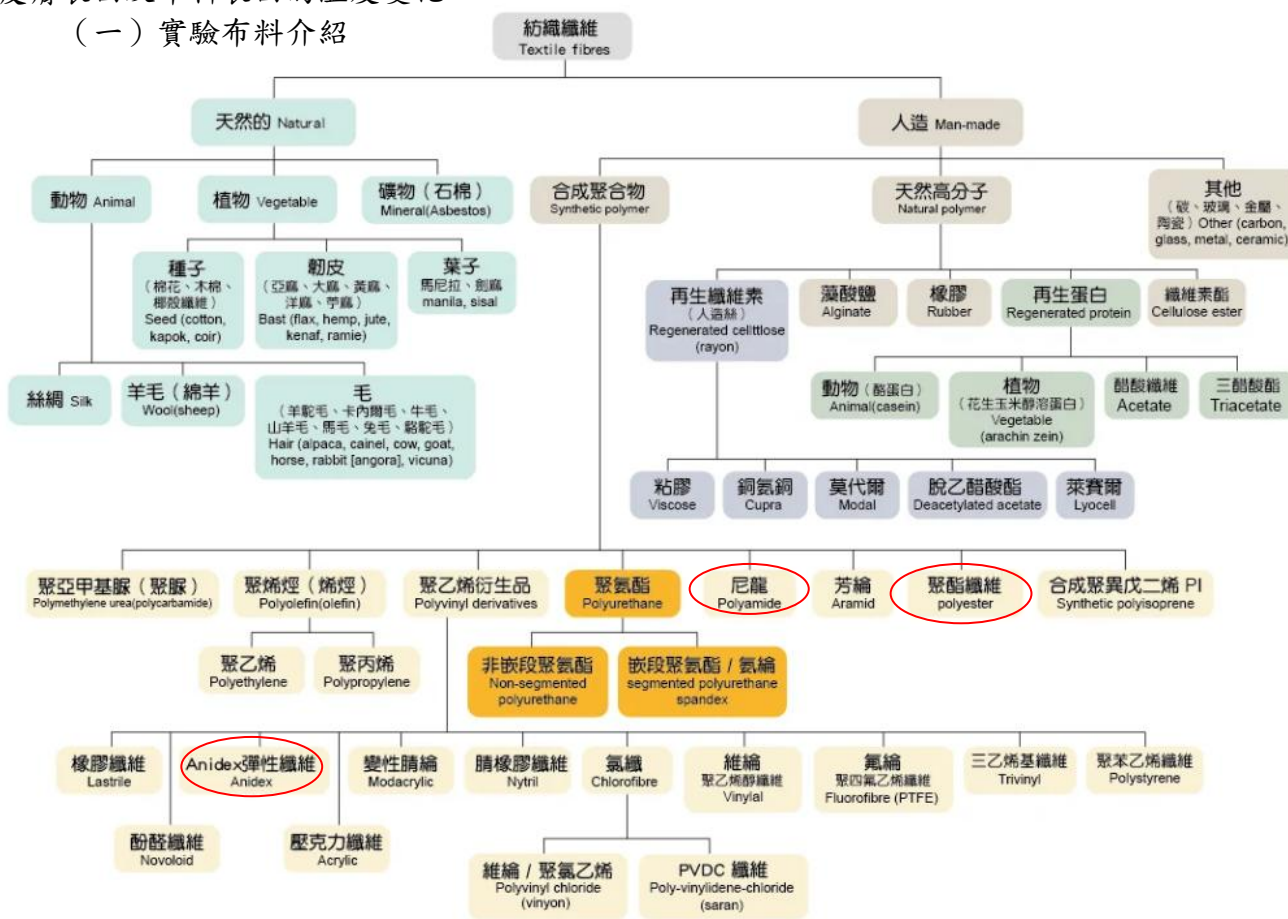
```



圖六涼感衣

二、進行**實驗一**：在皮膚上覆蓋黑、白兩色棉質及涼感材質布料，以傳統燈泡照射，比較皮膚表面及布料表面的溫度變化。

(一) 實驗布料介紹



圖七紡織纖維分類圖

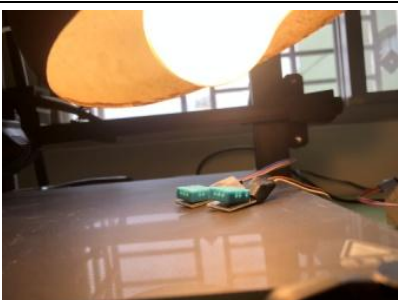
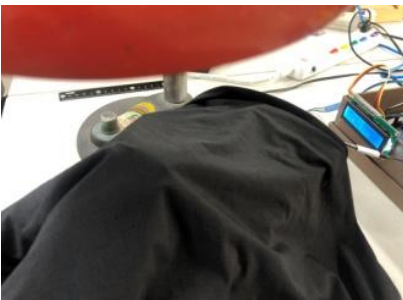
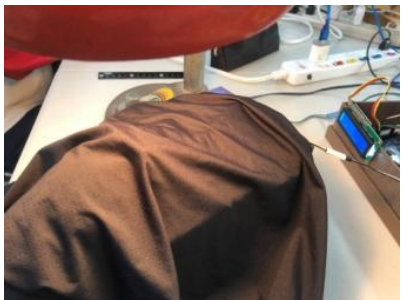
我們各自尋找家中已有衣服，找到了兩件一黑一白同款式棉 T（圖五），及三件涼感衣（圖六）材質如下：

衣服	台灣製黑色涼感衣	大陸製黑色涼感衣	大陸製白色涼感衣	黑棉 T	白棉 T
----	----------	----------	----------	------	------

材質	100%聚酯纖維	88%尼龍、12%彈性纖維	面料：82%滌綸（聚酯纖維）、18%氨綸（彈性纖維） 配料：100%聚酯纖維	100%棉	100%棉
衣標					
厚度	0.32mm	0.32mm	0.31mm	0.47mm	0.47mm

涼感衣根據紡織纖維分類圖（圖七）其成分略有不同，但皆為合成聚合物，且用常穿衣服實際人體實驗比較符合實際生活。

（二）實驗步驟

		
1. 將所製作的溫度計置於大太陽下，每隔一分鐘紀錄溫度數值，連續十分鐘。	2. 不斷調整枱燈與 DHT11 距離，並重覆紀錄，直至溫度變化與大太陽下類似。	3. 將手置於枱燈下，手背貼上 DHT11，藍色感應塊一朝下測皮膚表面溫度，一朝上測上方空氣溫度，每隔一分鐘紀錄溫度數值，連續十分鐘，紀錄下來數據為對照組，重覆做五次。
		
4. 蓋上衣服後，藍色感應塊一朝下測皮膚表面溫度，一朝上測衣服表面溫度。	5. 待顯示器顯示 29°C 時開燈，每隔一分鐘紀錄溫度數值，連續十分鐘，重覆做五次。	6. 換其他衣服重覆實驗，做完一輪後再做，直至每件衣服做五次。

三、進行**實驗二**：比較不同顏色排汗衫及棉 T，緊貼於 3D 列印機熱床上，以保特瓶罩住，在鹵素燈照射下，其衣服表面及模擬皮膚溫度變化情形。

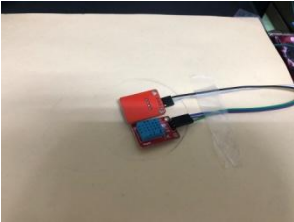
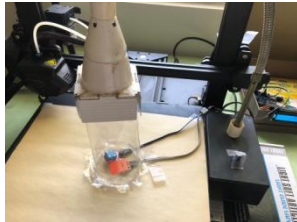
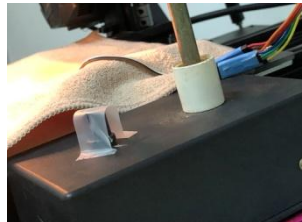
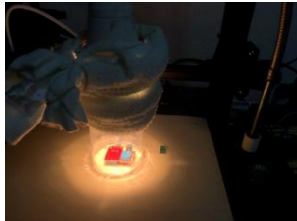
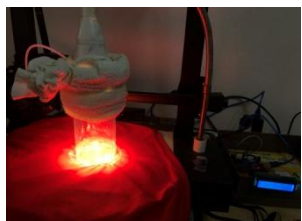
（一）實驗布料介紹

我們上網購買了同一品牌排汗衫及棉 T 恤，顏色分別為黑、藍、紅、果綠、黃、白等六色，其資訊如下表：

衣服	排汗衫	棉 T
成分	100%聚酯纖維	100%棉

衣標		
厚度	0.50mm	0.34mm

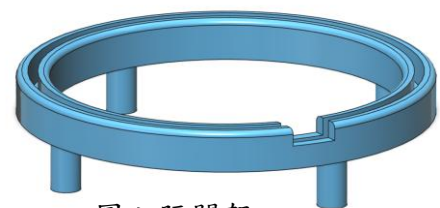
(二) 實驗步驟

			
1. 3D 列印機熱床鋪上淺黃紙，DHT11 藍色感應塊一朝上，一朝下固定好。	2. 透明保特瓶以線鋸機裁成管狀，上口緣包上布條，下口緣貼上塑膠膜。	3. 透明管上方套住鹵素燈，下方罩住兩個 DHT11，開燈調整光線強弱，並重覆紀錄，直至使溫度變化與大太陽下類似。。	4. 將調好亮度的鹵素燈旋鈕以膠帶固定，燈擺放位置也以膠帶標好。
			
5. 利用延長線上的開關控制鹵素燈、感測器。	6. 打開 3D 列印機電源，設定熱床溫度 37℃。	7. 兩顆 DHT11 一朝上、一朝下置於管內開燈，待顯示器顯示 37℃ 時，每隔一分鐘紀錄溫度數值，10 分時關燈，持續每隔一分鐘紀錄，直至溫度降至 37℃，重覆做五次，此為對照組。	8. 兩顆 DHT11 以衣服蓋上，再以保特瓶罩住，溫度 37℃ 時開燈，每隔一分鐘紀錄溫度數值，10 分時關燈，持續每隔一分鐘紀錄，直至溫度降至 37℃，做完五次後，換下一件衣服，直至所有衣服皆完成實驗。

四、進行**實驗三**：比較各色棉 T 及排汗衫，與 3D 列印機熱床隔開一高度，以保特瓶罩住，在鹵素燈照射下，其衣服表面及模擬皮膚溫度變化情形。

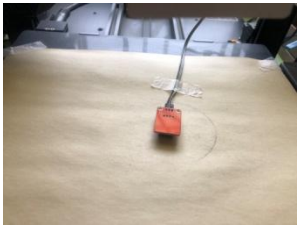
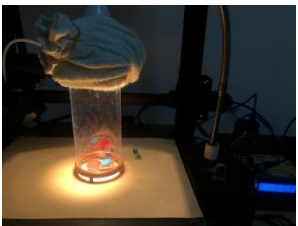
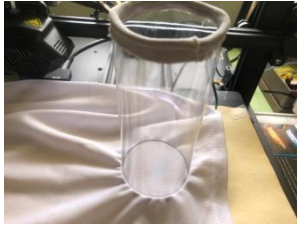
(一) 製作隔開架

由於實驗一和實驗二黑白兩色的結果是顛倒的，我們找到的資料是說寬鬆的黑衣比較涼，於是我們決定利用 3D 列印機，列印出一個支架，將待測衣服與熱床隔開一小縫隙，看是否如資料所說的，於是我們用 123D Design 設計出一個隔開架，設計圖如圖八所示，上方凹槽剛好可以卡上保特瓶和衣服，方形缺口則可供測量衣服溫度 DHT11 穿過。



圖八隔開架

(三) 實驗步驟

			
1. 3D 列印機熱床鋪上淺黃紙，DHT11 藍色感應塊朝下固定好，此為測量皮膚溫度的感測器。	2. 放上隔開架。	3. 將測量衣服溫度的 DHT11 藍色感應塊朝上，置於隔開架缺口。	4. 保特瓶下口緣口壓入隔開架凹槽，上緣口套上鹵素燈。
			
5. 打開 3D 列印機電源，設定熱床溫度 37°C。	6. 兩顆 DHT11 一朝上、一朝下置於管內開燈，待藍色感應塊朝上顯示器顯示 37°C 時，每隔一分鐘紀錄溫度數值，10 分時關燈，重覆做五次，此為對照組。	7. 待測衣服蓋上 DHT11 及隔開架。	8. 保特瓶下口緣壓入隔開架凹槽。
			
9. 上緣口套上鹵素燈。	10. 兩顆 DHT11 一朝上、一朝下置於管內開燈，待顯示器顯示 37°C 時，每隔一分鐘紀錄溫度數值，10 分時關燈，重覆做五次，換下一件衣服，直至所有衣服皆完成實驗。		

五、進行**實驗四**：比較各色排汗衫，與 3D 列印機熱床隔開一高度，在鹵素燈照射下，其衣服表面及模擬皮膚溫度變化情形。

由實驗三發現棉 T 只要與皮膚隔開一些縫隙，就得到深色較涼的結果，但是排汗衫並未如此，我們想到之前實驗一人體實驗也得到深色較涼，所以打算只針對排汗衫，將其鋪在有隔開架的熱床上，鹵素燈到衣服間不用保特瓶罩住，其餘實驗步驟與實驗三相同（圖九），試試看結果是否不同。



圖九實驗四隔開無保特瓶罩住



圖十風扇吹拂

六、進行**實驗五**：比較各色排汗衫，與 3D 列印機熱床隔開一高度，以保特瓶罩住，並以電

扇吹拂，在鹵素燈照射下，其衣服表面及模擬皮膚溫度變化情形。

經過實驗四，黑色衣雖然比白色衣涼，但其他顏色衣服因空氣流通所以無規則，我們決定還是單上保特瓶，且以風扇吹拂，看結果如何。

(一) 設定風速

我們所使用的小型風扇，風速共分三段，我們在離風扇 20cm 處放置使用風速計及 DHT11 感測器，一樣以鹵素燈照射（如圖十），不到 3 分鐘，溫度就固定，得到表一資料，由表可知風速確實會影響溫度，但緊貼熱床的 DHT11 影響好像較小，但風阻止了鹵素燈的加熱，我們決定先以 1m/s 的風速吹拂，如果還是淺色較涼再增加風速。

段位	一段	二段	三段
風速	1.6m/s	2.0m/s	2.2m/s
朝上 DHT11	32℃	30℃	30℃
朝下 DHT11	39℃	38℃	38℃

表一小型風扇資料

(二) 實驗步驟

將風扇移動到吹拂至保特瓶時風速為 1m/s，並持續吹拂（如圖十一），其餘實驗方式與實驗三相同，只做各色排汗衫。

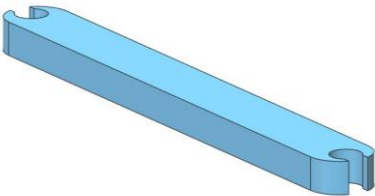


圖十一風扇以 1m/s 吹拂

七、進行**實驗六**：利用交叉衣架，找出使白色 T 恤乾燥的最佳衣物撐開距離。

(一) 設計交叉衣架

我們找到讓衣物快乾的方法中有提到，每件晾曬的衣服，最好保持一個拳頭的距離，讓通風好一點，也可以更快乾，但拳頭有大有小，到底是多少距離最好呢？根據屏東58屆科展提到是6cm最佳，經過討論我們決定做撐開距離5cm、6cm、及7cm這三種尺寸，圖十二是支撐片3D圖，圖十三是C型環3D圖，圖十四為交叉衣架完成圖。



圖十二支撐片

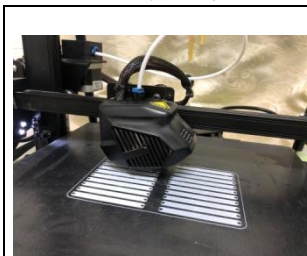
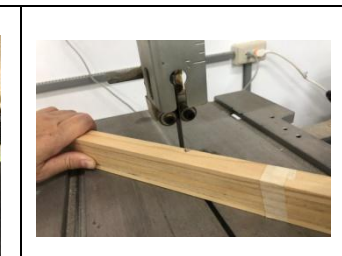
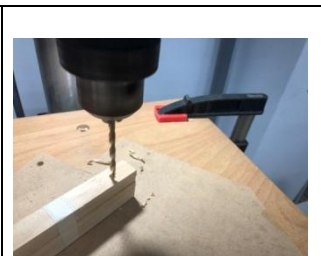


圖十三C型環



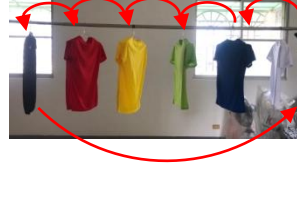
圖十四交叉衣架

(二) 實驗步驟

			
1. 使用 3D 列印機列印出不同尺寸支撐片和C型環。	2. 使用帶鋸機切割木條。	3. 使用鑽床在木條上鑽洞。	4. 第一個木條掛三個普通衣架，為對照組，其餘每個木條掛三個同尺寸交叉衣架，支撐片分別為 5cm、6cm 及 7cm。

			
5. 12 件白色排汗衫放入洗衣機清洗。	6. 洗完衣物掛上衣架。	7. 每隔 30 分測一次重量並紀錄，直至重量無變動。	8. 每測一次重量吊掛位置向左移一位置。

八、進行實驗七：探討顏色對衣服乾燥速率的影響。

			
1. 6 件不同顏色排汗衫放洗衣機清洗。	2. 以 6cm 交叉衣架在室內晾曬。	3. 每隔 20 分測一次重量並紀錄，直至重量無變動。	4. 每測一次重量吊掛位置向左移一位置。
			
5. 重覆前述實驗排汗衫改成棉 T。	6. 實驗地點改為戶外，在大太陽下曬。	7. 量測改為每 10 分測量一次。	

柒、研究結果與分析

實驗一：在皮膚上覆蓋黑、白兩色棉質及涼感材質布料，以傳統燈泡照射，比較皮膚表面及布料表面的溫度變化。

(一) 傳統檯燈燈泡與待測物需離 **7cm**，才與大太陽曝曬類似

我們使用的傳統燈泡檯燈，燈泡為 60W，開到最亮，與 DHT11 相距 **7cm**，才能跟在大太陽下感測器溫度變化相似，表二為太陽光及傳統燈泡照射下，DHT11 溫度變化。

時間(分)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
大太陽 (°C)	29	35	37	38	39	41	45	46	45	45	45
	29	35	37	39	42	45	47	49	47	45	45
傳統燈泡 (°C)	29	30	34	37	38	38	39	39	40	41	43
	29	32	35	38	39	40	41	41	41	43	45

表二太陽、傳統燈泡溫度變化

在測量陽光照射下的溫度變化時，我們發現迎風側的 DHT11 會比背風側的 DHT11 溫度略低，一有雲飄來，溫度也會降低，因此傳統燈炮的高度我們只能採取類似，無法完全相同。

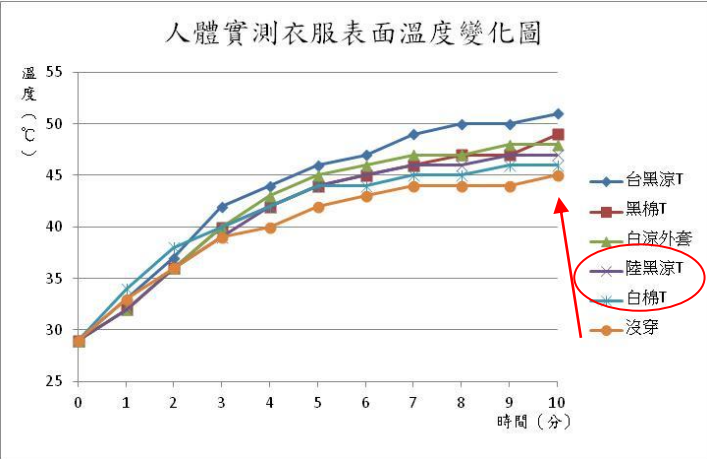
(二) 衣服表面溫度由高而低為：**台製黑涼感衣 > 黑棉 T > 白涼感外套 > 陸製黑涼感衣 > 白棉 T > 沒穿。**

表三為衣服表面溫度變化，以下數據為 5 次實驗平均值，四捨五入至個位，在燈炮照射十分鐘後，由圖我們發現**衣服表面溫度由高而低為：台製黑涼感衣 > 黑棉 T > 白涼感外套 > 陸製黑涼感衣 > 白棉 T > 沒穿**（圖十五），沒穿最低是因為我們衣服表面的對照組測的是傳統燈泡照射下的空氣，空氣會對流，因此變成最低；而陸製黑涼感衣比白涼感外套溫度低的原因，可能是

它的孔洞織法造成較透氣（圖十六），除此之外還是符合黑色較易因輻射而吸收熱量，而白色易反射輻射熱而溫度較低的原則。

時間（分）	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
台黑涼 T	29	33	37	42	44	46	47	49	50	50	51
黑棉 T	29	32	36	40	42	44	45	46	47	47	49
白涼外套	29	32	36	40	43	45	46	47	47	48	48
陸黑涼 T	29	32	36	39	42	44	45	46	46	47	47
白棉 T	29	34	38	40	42	44	44	45	45	46	46
沒穿（空氣）	29	33	36	39	40	42	43	44	44	44	45

表三衣服表面溫度變化 單位℃



圖十五

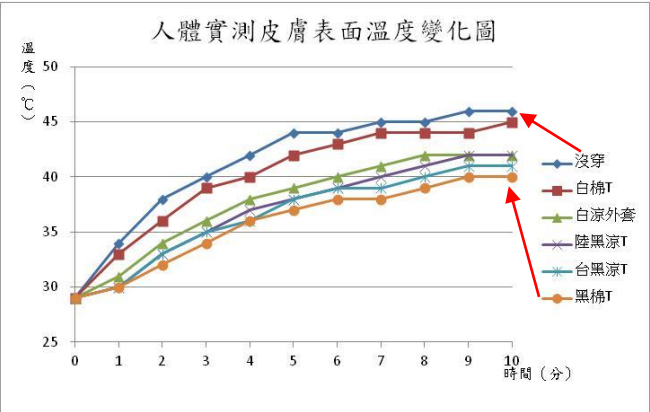


圖十六陸製黑涼感衣

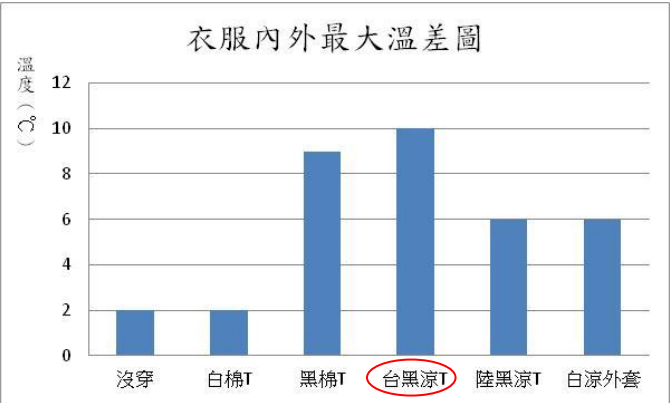
（三）皮膚表面溫度由高而低為：沒穿>白棉 T>白涼感外套＝陸製黑涼感衣>台製黑涼感衣>黑棉 T。

時間（分）	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
沒穿	29	34	38	40	42	44	44	45	45	46	46
白棉 T	29	33	36	39	40	42	43	44	44	44	45
白涼外套	29	31	34	36	38	39	40	41	42	42	42
陸黑涼 T	29	30	33	35	37	38	39	40	41	42	42
台黑涼 T	29	30	33	35	36	38	39	39	40	41	41
黑棉 T	29	30	32	34	36	37	38	38	39	40	40

表四皮膚表面溫度變化 單位℃



圖十七



圖十八

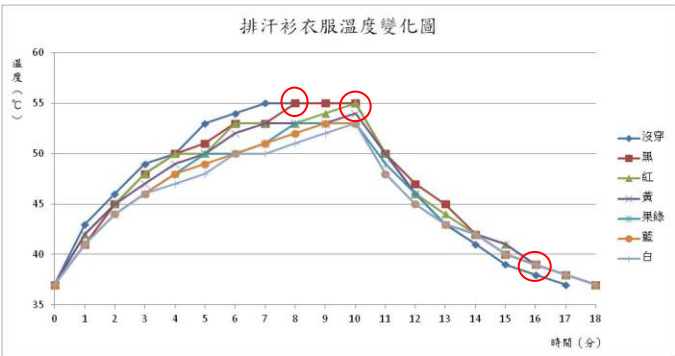
而皮膚表面溫度變化如表四，以下數據同為 5 次實驗平均值，四捨五入至個位，在燈泡照射十分鐘後，由圖十七我們發現皮膚表面溫度由高而低為：沒穿>白棉 T>白涼感外套=陸製黑涼感衣>台製黑涼感衣>黑棉 T；不穿衣服因為皮膚無衣服遮蔽，直接曝曬在強光下，所以皮膚表面的溫度是最高的，因此大太陽下打赤膊不是明智之舉；此外我們發現黑色雖然衣服表面升溫最多，但是衣服裏面卻讓皮膚表面溫度保持最低，因此衣服內外溫差最大（圖十八），而棉質衣服效果比涼感材質衣服更好；這可能是衣服內部就像資料上所說黑色衣服溫度高，產生煙囪效因而使內部較涼，且白色友射全部光線至皮膚，黑色則無，我們得到一個結論，大熱天要穿棉質黑衣才較涼，但我們在進行實驗時發現，隨著實驗進行，受測同學手會流汗，一流汗，溫度就有下降趨勢，且同學也感到燥熱，體溫可能也上升，將布料蓋在手上實驗，因手不平整，布與皮膚間有縫隙，可能也有空氣流通，為了避免這些因素干擾實驗，我們決定以 3D 列印機熱床替代人體，並進行多色布實驗。

實驗二：比較不同顏色排汗衫及棉 T，緊貼於 3D 列印機熱床上，以保特瓶罩住，在鹵素燈照射下，其衣服表面及模擬皮膚溫度變化情形。

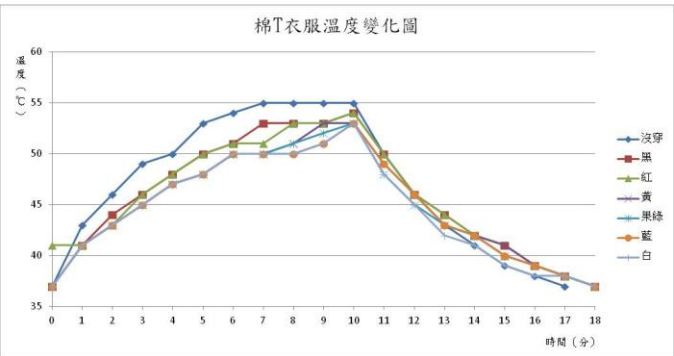
（一）衣服表面的溫度為：沒穿>黑>紅>黃>果綠>藍>白。

時間（分） 衣服顏色		開燈										關燈								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
沒穿		37	43	46	49	50	53	54	55	55	55	55	50	46	43	41	39	38	37	37
排汗衫	黑	37	41	45	48	50	51	53	53	55	55	55	50	47	45	42	40	39	38	37
	紅	37	42	45	48	50	50	53	53	53	54	55	50	46	44	42	41	39	38	37
	黃	37	42	45	47	49	50	52	53	53	53	54	50	46	43	42	41	39	38	37
	果綠	37	41	44	46	48	50	50	51	53	53	53	49	46	43	42	40	39	38	37
	藍	37	41	44	46	48	49	50	51	52	53	53	48	45	43	42	40	39	38	37
	白	37	41	44	46	47	48	50	50	51	52	53	48	45	43	42	40	39	38	37
棉T	黑	37	41	44	46	48	50	51	53	53	53	54	50	46	44	42	41	39	38	37
	紅	37	41	43	46	48	50	51	51	53	53	54	50	46	44	42	40	39	38	37
	黃	37	41	43	45	47	48	50	50	51	53	53	49	46	43	42	40	39	38	37
	果綠	37	41	43	45	47	48	50	50	51	52	53	48	45	43	42	40	39	38	37
	藍	37	41	43	45	47	48	50	50	50	51	53	49	46	43	42	41	39	38	37
	白	37	41	43	45	47	48	50	50	50	51	53	48	45	42	41	39	38	38	37

表五

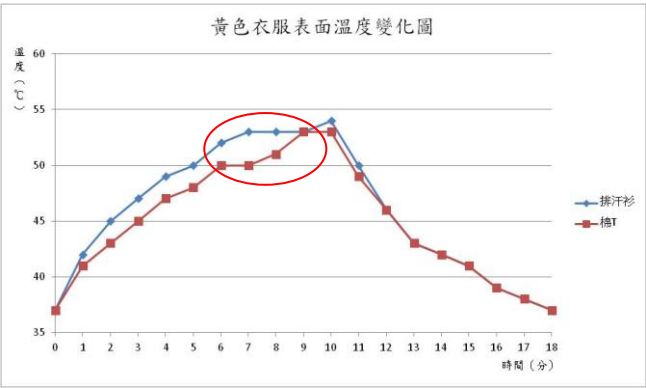


圖十九



圖二十

表五為衣服表面溫度變化數據，每一項數據為5次實驗平均值，四捨五入至個位，由圖十九及圖二十可以看到，不管是排汗衫還是棉T，衣服表面的溫度都是沒穿>黑>紅>黃>果綠>藍>白，而整體來看及以黃色為例（圖二十一），排汗衫的溫度又略高於棉T，因為排汗衫的材質為聚酯纖維，雖然標榜排汗，可是顯然不如棉質衣透氣。



圖二十一

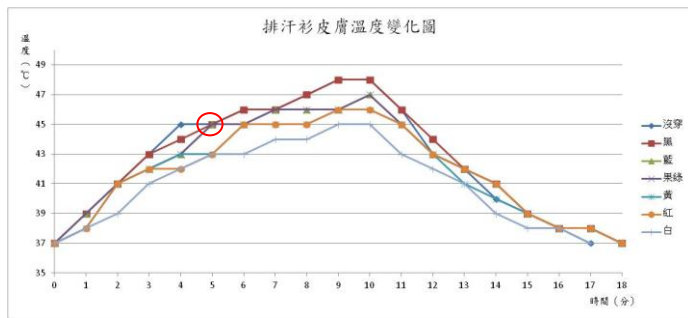
較於實驗一，實驗二因為有保特瓶罩住，空氣無法流動，所以對照組鹵素燈下的空氣因沒衣服覆蓋，溫度上升最快也最高，下降也比有覆蓋衣服快了一分鐘就達 37°C，也因為是密閉空間，可看到黑排汗衣在 8 分鐘就與空氣溫度一樣，而紅排衫直到 10 分時才達到，其餘布料顏色皆未達到，可能光照時間要加長才能看到熱平衡，我們綜合材質顏色得到衣服表面溫度上升快慢排序為：沒穿>黑排>紅排>黃排>黑綿>紅綿>果綠排>藍排>黃綿>白排>果綠綿>藍綿=白綿，符合黑色吸收所有光易吸收輻射熱，白色反射所有光不易吸輻射熱的原則；溫度下降的部分，除了沒穿在 17 分時降到 37°C，其他都是在 18 分時降到 37°C，深色 10 分時溫度較高，關燈後 4 分鐘幾乎所有顏色就降成相同溫度，因此也是黑色降溫速度比較快，這也符合黑色易放出輻射熱的原則，除了黑白其他色光，紅色反射能量較小的紅光吸收其他色光，所以吸收到的熱量多溫度比其他顏色高，藍色反射能量較高的藍光，吸收其他色光所以輻射吸收到的熱量少，溫度也較低。

(二) 皮膚表面溫度變化：沒穿>黑>藍>果綠>黃>紅>白

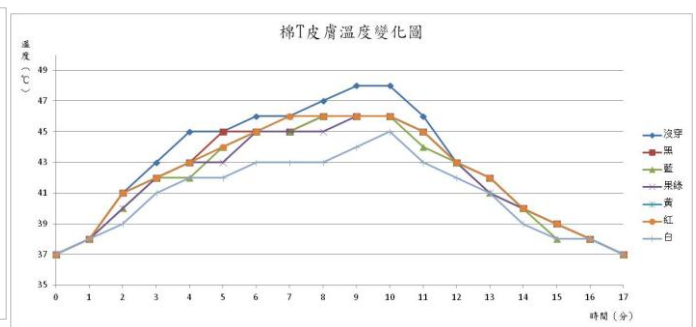
但決定穿什麼顏色較涼主要看皮膚表面溫度變化，而皮膚表面溫度變化如表六，以下數據同為5次實驗平均值，四捨五入至個位，在鹵素燈照射十分鐘後，由圖十八、圖十九我們發現排汗衫與棉T略有不同，排汗衫由高而低為：沒穿>黑>藍=果綠>黃>紅>白，棉T為：沒穿>黑=藍>果綠>黃>紅>白，綜合材質顏色得到衣服表面溫度上升快慢排序為：沒穿>黑排>藍排=果綠排>黑綿=藍綿>果綠綿>黃綿>黃排>紅排>紅綿>白排>白綿。

時間 (分) 衣服顏色		開燈											關燈							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
沒穿		37	38	41	43	45	45	46	46	47	48	48	46	43	42	40	39	38	37	37
排汗衫	黑	37	39	41	43	44	45	46	46	47	48	48	46	44	42	41	39	38	38	37
	藍	37	39	41	42	43	45	45	46	46	46	47	45	43	42	41	39	38	38	37
	果綠	37	39	41	42	43	45	45	46	46	46	47	45	43	42	41	39	38	38	37
	黃	37	38	41	42	43	43	45	45	45	46	46	45	43	41	40	39	38	38	37
	紅	37	38	41	42	42	43	45	45	45	46	46	45	43	42	41	39	38	38	37
	白	37	38	39	41	42	43	43	44	44	45	45	43	42	41	39	38	38	37	
棉T	黑	37	38	41	42	43	44	45	46	46	46	46	45	43	42	40	39	38	37	
	藍	37	38	41	42	43	44	45	46	46	46	46	45	43	42	40	39	38	37	
	果綠	37	38	41	42	43	45	45	45	46	46	46	45	43	42	40	39	38	37	
	黃	37	38	40	42	42	44	45	45	46	46	46	44	43	41	40	38	38	37	
	紅	37	38	40	42	43	43	45	45	45	46	46	45	43	41	40	39	38	37	
	白	37	38	39	41	42	42	43	43	43	44	45	43	42	41	39	38	38	37	

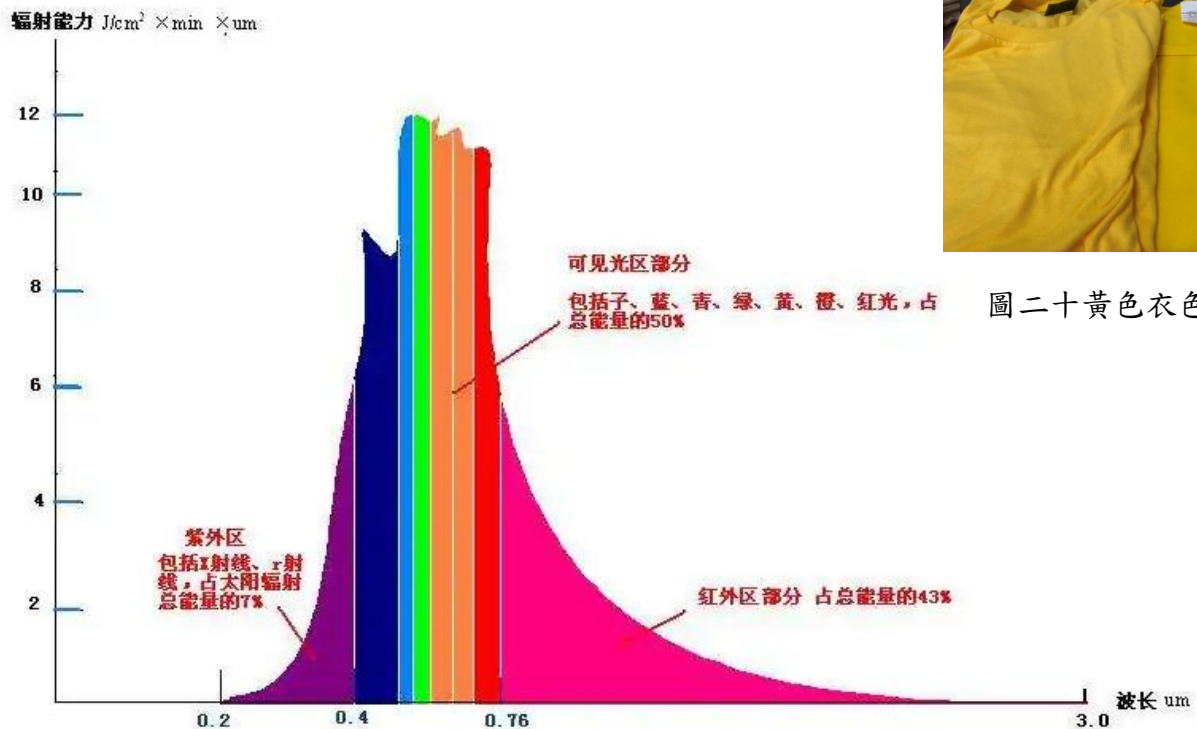
表六 單位°C



圖二十二



圖二十三



圖二十四



圖二十黃色衣色差

由於我們測試的衣服和模擬的皮膚皆是罩在保特瓶內，布料和皮膚間只夾了DHT11，縫隙比實驗一小很多也沒空氣流動，黑白兩色結果完全顛倒，圖二十二我們可發現，黑色排汗衫的皮膚表面溫度，在5分時就和沒有穿一樣，我們得到一個結論：**在密閉空間穿白色棉T較涼**，而皮膚表面溫度高低並未隨顏色深淺來排，我們設想因為**黑**易輻射吸收熱，造成溫度高能多，溫度**高**所以也**傳導散熱至皮膚的能量也多**，白色溫度低所以傳導散熱至皮膚的能量也少，根據可見光輻射能力圖（圖二十四），我們發現藍、果綠和黃輻射能力比紅強，所以輻射至皮膚的熱量也比紅多，而造成了皮膚表面溫度**果綠>黃>紅**，**棉質衣整體看來比排汗衫涼**，但黃色却略有不同，可能是**色差**造成（圖二十棉T右排汗衫），而是否真是因為衣服與皮膚間有無空隙而造成結果不同，我們決定進行實驗三來解開這個謎團。

實驗三、比較各色棉T及排汗衫，與3D列印機熱床隔開一高度，以保特瓶罩住，在鹵素燈照射下，其表層及內層溫度變化情形。

為了增快實驗速度，我們決定只做增溫部分，降溫以電扇吹拂不做紀錄，表七、圖二十五、圖二十六是我們得到的結果。

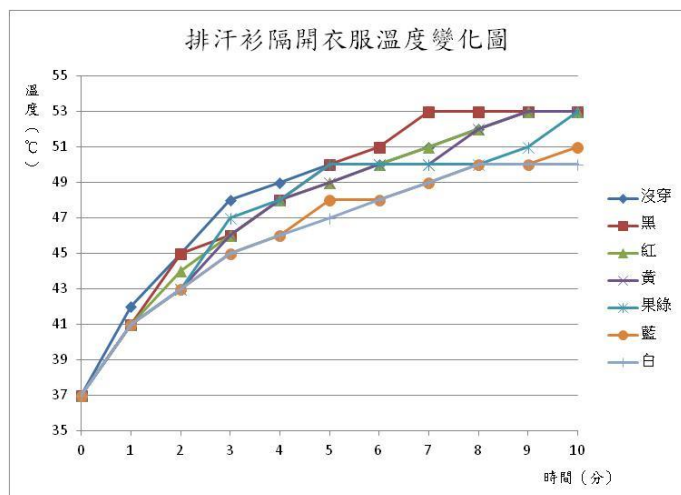
（一）衣服表面的溫度為：**黑>沒穿>紅>黃>果綠>藍>白**。

還是符合黑色易吸收輻射熱，白色不易吸輻射熱的原則，但實驗三的對照組因為有縫隙，空氣可以流動，在無衣服阻隔下，所以比黑排衣溫度低些，大致來看排汗衫表面溫還是比棉T略高，綜合材質顏色得到衣服表面溫度上升快慢排序為：**黑排>黑綿>沒穿>紅排>黃排>紅**

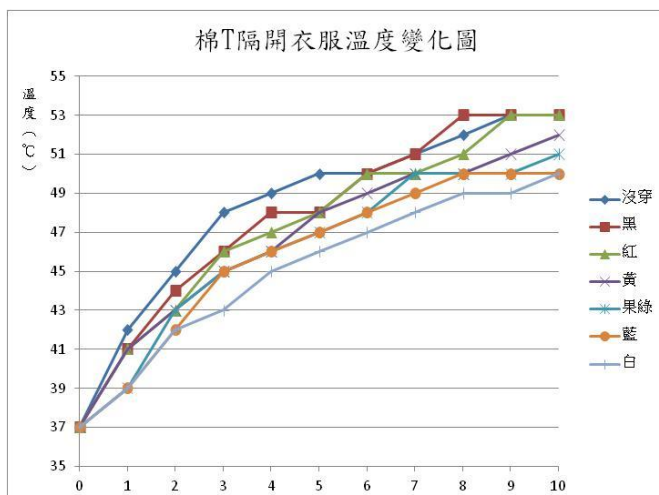
綿>果綠排>黃綿>藍排>果綠綿>藍綿>白排>白綿。

時間(分) 衣服顏色		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
沒穿		37	42	45	48	49	50	50	51	52	53	53
排汗衫	黑	37	41	45	46	48	50	51	53	53	53	53
	紅	37	41	44	46	48	49	50	51	52	53	53
	黃	37	41	43	46	48	49	50	50	52	53	53
	果綠	37	41	43	47	48	50	50	50	50	51	53
	藍	37	40	42	45	45	47	48	49	50	50	51
	白	37	41	43	45	46	47	48	49	50	50	50
棉T	黑	37	41	44	46	48	48	50	51	53	53	53
	紅	37	41	43	46	47	48	50	50	51	53	53
	黃	37	41	43	45	46	48	49	50	50	51	52
	果綠	37	39	43	45	46	47	48	50	50	50	51
	藍	37	39	42	45	46	47	48	49	50	50	50
	白	37	39	42	43	45	46	47	48	49	49	50

表七



圖二十五



圖二十六

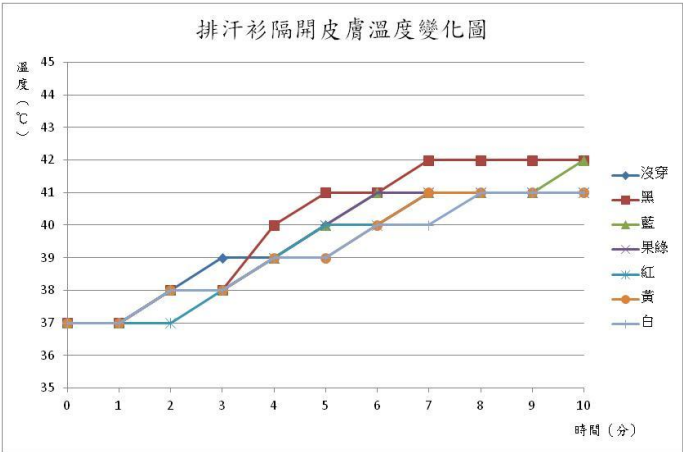
(二) 皮膚表面溫度變化：排汗衫為黑>藍>果綠>紅>黃>白>沒穿，棉T為白>黃>果綠>紅>藍>黑>沒穿。

表八、圖二十七、圖二十八是我們得到的結果，綜合材質顏色得到皮膚表面溫度上升快慢排序為：白綿>黃綿>果綠綿>黑排>紅綿>藍綿>藍排>果綠排>紅排>黃排>白排>黑綿>沒穿。除了沒穿因為太通風了，溫度是最低的，其他顏色的衣服，令人意外的是排汗衫和棉T，除了果綠、紅排序相同，黑、藍、黃、白竟然呈現相反的現象，不知是不是棉T比較透氣，在沒有風的狀況下就產生煙囪效應，那麼排汗衫不用保特瓶罩住，是不是結果也相反呢？我們決定針對排汗衫來進行實驗四。

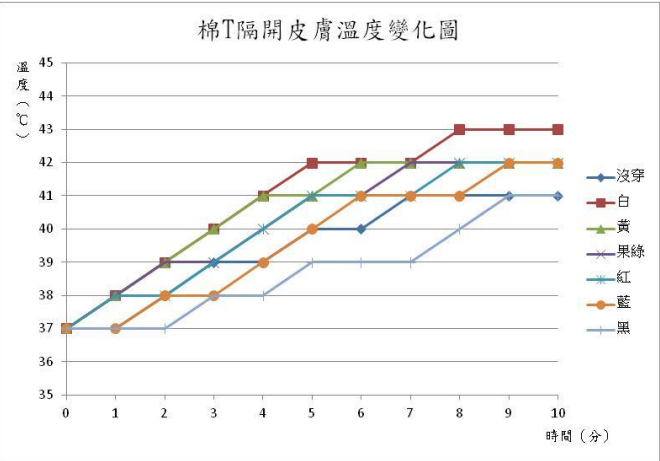
時間(分) 衣服顏色		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
沒穿		37	37	38	39	39	40	40	41	41	41	41
排汗衫	黑	37	37	38	38	40	41	41	42	42	42	42
	藍	37	37	38	38	39	40	41	41	41	41	42
	果綠	37	37	38	38	39	40	41	41	41	41	41
	紅	37	37	37	38	39	40	40	41	41	41	41
	黃	37	37	38	38	39	39	40	41	41	41	41

	白	37	37	38	38	39	39	40	40	41	41	41
棉 T	白	37	38	39	40	41	42	42	42	43	43	43
	黃	37	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42
	果綠	37	38	39	39	40	41	41	42	42	42	42
	紅	37	38	38	39	40	41	41	41	42	42	42
	藍	37	37	38	38	39	40	41	41	41	42	42
	黑	37	37	37	38	38	39	39	39	40	41	41

表八



圖二十七



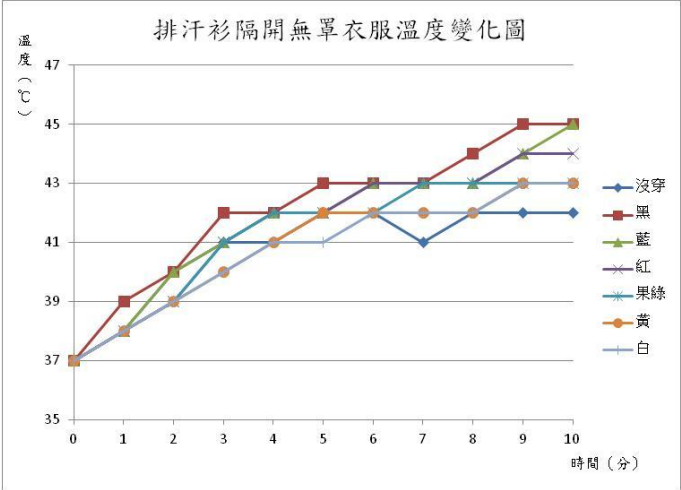
圖二十八

實驗四、比較各色排汗衫，與 3D 列印機熱床隔開一高度，在鹵素燈照射下，其表層及內層溫度變化情形。

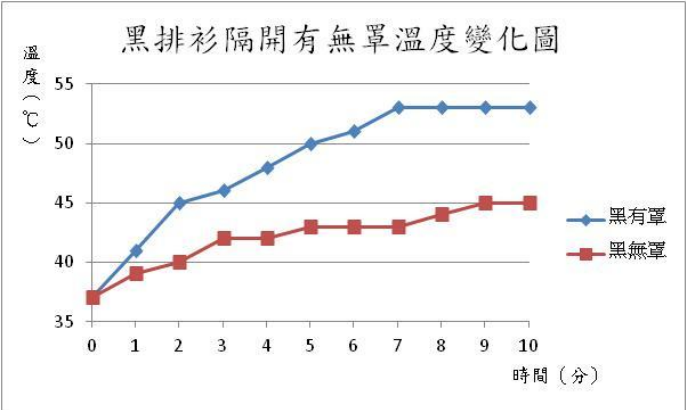
(一) 衣服表面的溫度為：黑>藍>紅>果綠>黃>白>沒穿。

時間 (分) 衣服顏色		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
排汗衫	沒穿	37	38	40	41	41	42	42	41	42	42	42
	黑	37	39	40	42	42	43	43	43	44	45	45
	藍	37	38	40	41	42	42	43	43	43	44	44
	紅	37	38	39	41	42	42	43	43	43	44	43
	果綠	37	38	39	41	42	42	42	43	43	43	43
	黃	37	38	39	40	42	42	42	42	42	43	43
	白	37	38	39	40	41	41	42	42	42	43	43

表九



圖二十九



圖三十

衣服表面溫度如表九與圖二十九，因為沒有保特瓶罩住又與皮膚隔開，衣服上下都有空氣流動，所以衣服表面溫度就未依輻射能力來排序，反而依顏色深淺來排，但因為沒有保特瓶罩著，沒穿反而是最涼的，與實驗三比較起來溫度降很多，尤其是黑色，降了 8℃ 這麼多（圖三十），可見空氣對流對散熱影響甚巨。

（二）皮膚表面溫度變化：果綠 > 紅 > 藍 > 白 > 黃 > 黑 > 沒穿

時間（分） 衣服顏色		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
沒穿		37	37	38	38	38	39	39	39	39	39	39
排汗衫	果綠	37	38	38	39	40	41	41	42	42	42	42
	紅	37	38	39	39	40	41	41	41	42	42	42
	藍	37	38	38	39	40	41	41	41	41	42	42
	白	37	38	38	39	39	40	41	41	41	41	42
	黃	37	38	38	39	39	40	40	41	41	41	41
	黑	37	38	38	38	39	39	40	41	41	41	41

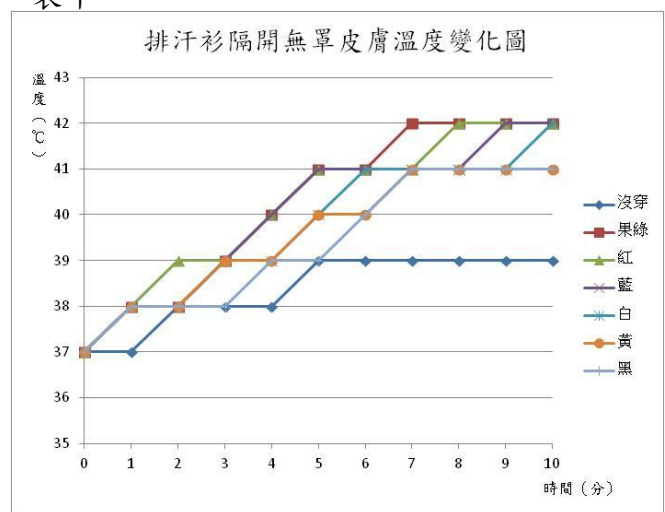
表十

結果如表十與圖三十一，由於空氣流通的關係，加上溫度差別不大，所以和前面的排序完全不同，但還是可看到，黑色比白色涼，沒有穿也比有穿涼。

實驗五、比較各色排汗衫，與 3D 列印機熱床隔開一高度，以保特瓶罩住，並以電扇吹拂，在鹵素燈照射下，其表層及內層溫度變化情形。

（一）衣服表面的溫度為：黑 > 沒穿 > 紅 > 黃 > 果綠 > 藍 > 白。

結果為表十一和圖三十二，在風扇吹拂下，衣服表面溫度還是依顏色深淺排列，因為有保特瓶罩住，所以沒穿只比黑色低。



圖三十一

時間（分） 衣服顏色		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
沒穿		37	41	45	48	48	50	50	51	51	52	52
排汗衫	黑	37	41	45	46	48	49	50	51	43	53	53
	紅	37	41	44	46	47	48	49	50	50	50	51
	黃	37	41	44	46	47	48	49	50	50	50	50
	果綠	37	41	43	45	46	47	48	48	49	50	50
	藍	37	41	43	45	46	47	48	48	49	49	49
	白	37	41	42	43	44	45	46	46	47	47	47

表十一

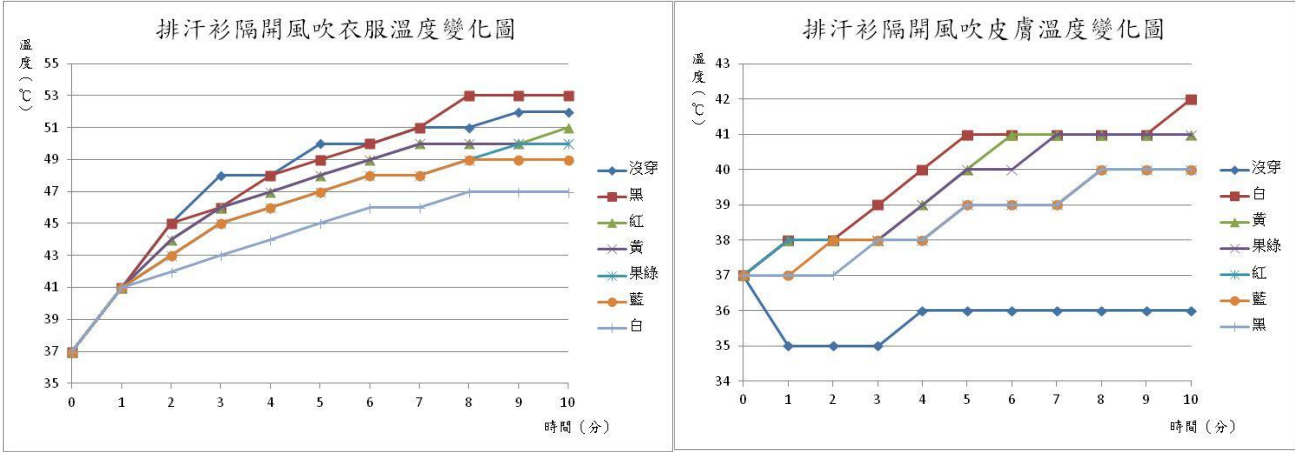
（二）皮膚表面溫度變化：白 > 黃 > 果綠 > 紅 > 藍 > 黑 > 沒穿

結果如表十二、圖三十三所示，在風速 1m/s 吹拂下，雖然衣服表面還是有保特瓶罩住，衣服也將熱床全部包裹住，但風扇的風透過衣服纖維吹向我們隔開的空間，造成排汗衫也得到了深色衣較涼的結果，沒有衣服阻擋，不穿直接吹皮膚更涼。

時間（分） 衣服顏色		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
沒穿		37	35	35	35	36	36	36	36	36	36	36
排	白	37	38	38	39	40	41	41	41	41	41	42

汗衫	黃	37	38	38	38	39	40	41	41	41	41	41
	果綠	37	38	38	38	39	40	40	41	41	41	41
	紅	37	38	38	38	38	39	39	39	40	40	40
	藍	37	38	38	38	38	39	39	39	40	40	40
	黑	37	37	37	38	38	39	39	39	40	40	40

表十二

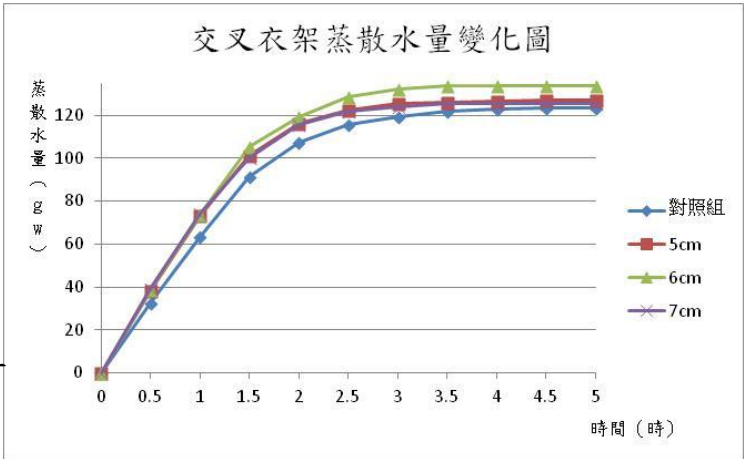


圖三十二

圖三十三

實驗六：利用交叉衣架，找出使白色T恤乾燥的最佳衣物撐開距離。

雖然實驗用的12件白色T恤為同產牌、同尺寸，也在同一台洗衣機一起清洗，但每一件衣服的重量及剛洗好的含水量還是不一樣，我們是要找出哪個交叉衣架效能最好，所以我們決定以衣服上水蒸散量來顯示，因為水蒸散量如果愈多，代表衣服愈快乾燥，結果如表十三、圖三十四，我們發現撐開6cm的交叉衣架效能最好，並不是撐愈開愈好，或許在其他晾曬環境下，就是其他撐開距離效果最佳，但我們的結果與屏東58屆科展相同。



圖三十四

時 蒸散水量	總含 水量	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
對照組	123.6	0	32.3	63.5	91.2	107.5	115.6	119.3	121.8	122.9	123.3	123.6
5cm	126.8	0	38.4	73.4	101.1	116.1	122.4	125.3	126.1	126.6	126.8	126.8
6cm	133.9	0	38.5	74	105.3	119.1	128.3	132.3	133.9	133.9	133.9	133.9
7cm	125.3	0	39.5	74.5	100.2	115.8	122	124.1	125.3	125.3	125.3	125.3

表十三

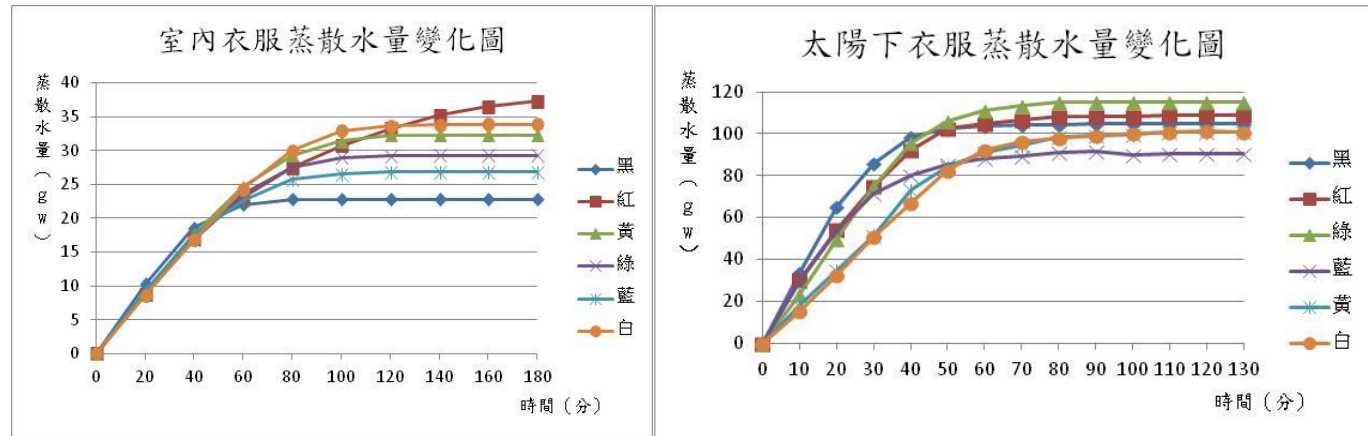
單位：gw

實驗七：探討顏色對衣服乾燥速率的影響

因為考慮到實驗花費時間長，我們分別在室內使用排汗衫及在室外使用綿T來進行實驗，在室內的部分得到表十四及圖三十五的結果，在前60分鐘衣服都未乾下，我們可看到不管什麼顏色，幾乎是同一直線，表示在室內無陽光曝曬下，衣服乾燥快慢與顏色並無關係，60分鐘後曲線分開也只是因為每件衣服含水總量不同而有此結果。

分 蒸散水量	總含 水量	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
黑	22.8	0	10.3	18.6	22	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8
紅	37.3	0	8.8	17	23	27.5	30.7	33.2	35.2	36.5	37.3
黃	32.3	0	9	17.6	24.6	29.3	31.4	32.3	32.3	32.3	32.3
綠	29.3	0	8.8	16.8	23.6	27.5	29	29.2	29.3	29.3	29.3
藍	26.8	0	9.3	17.5	22.6	25.7	26.5	26.8	26.8	26.8	26.8
白	33.9	0	8.6	16.8	24.3	30	32.9	33.6	33.8	33.9	33.9

表十四 單位：gw



圖三十五

圖三十六

表十五及圖三十六為在陽光曝曬下的結果，前 40 分鐘衣服還未乾下，蒸散的水量為黑>黃>紅>綠>藍>白，由於是在戶外，變因甚多，但可看到黑色明顯比白色快乾，最後整件衣服乾燥先後順序為黑>紅=黃>綠=藍>白。

分 蒸散水量	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
黑	0	33.6	65.2	85.8	98.6	102.4	103.4	104.1	104.1	104.7	104.6	104.6	104.6	104.6
紅	0	30.1	54.4	75.1	92.4	102.3	105	106.8	108.1	108.3	108.4	108.6	108.6	108.6
黃	0	23.3	49.7	75.1	95.7	106	111.2	113.5	114.9	115.3	115	115.4	115.4	115.4
綠	0	29.4	53.8	71.4	80	85.2	88.3	89.5	90.8	91.7	89.9	90.3	90.5	90.5
藍	0	17.9	34.7	51.4	73.3	83.9	91	94.6	98.2	99	99.9	100.7	100.9	100.9
白	0	15	32.7	51	66.8	82.6	91.9	95.9	97.8	99.3	100.1	100.8	101.2	100.9

表十五 單位：gw

柒、討論及結論

一、為何以 DHT11 及 Arduino 另外製作測量溫度儀器？而不用現成溫度計測量？

如果以現成溫度計測量，為了能深入衣服內就要使用有探頭的溫度計（圖三十七），但是我們查到的科展資料就是用這款溫度計來進行實驗，但是因為探頭與衣服接觸面積太小，作者們還特別為探頭在衣物上縫了小口袋，讓探頭剛好可放入，但我們是要測量衣服表面溫度及皮膚溫度，所以此種溫度計就不適合，而熱像儀溫度計又無法測量蓋在衣服下的皮膚溫度，因此我們才自行製作溫度計，



圖三十七有探頭溫度計

使用 DHT11 因為它的感測為一藍色方塊，感測面積大，而且可以在同一個顯示器上顯示出兩組溫度資料，方便我們觀察紀錄。

二、為何實驗一直接以人體為實驗對象，而衣物僅做棉 T 及涼感衣，而且顏色只有黑白兩色？

因為我們以 DHT11 感測器製作的溫度計，溫度顯示只到個位，我們不知溫度差異是否很小，感測器無法顯示，根據資料顯示，黑白兩色差異大，可達 10°C ，所以選了黑白兩色來做實驗，各自回家翻箱倒櫃尋找後，找到了這五件衣服較適合，直接以人體來進行實驗，不用再尋找其他器材。

三、為何實驗二~實驗五皆以 3D 列印機熱床作為模擬皮膚，來代替人體？

因為在進行實驗一時，受測同學皮膚到最後被燈泡照到有些疼痛，而且受測同學發現只要有流汗，該次數據就會略微下降，而且做久了，身體也感到燥熱，數據也會上升，因此要吹吹風後才能繼續做，為了把這兩個干擾因素去除，我們想到學校的 3D 列印機的熱床是可以設定固定的溫度，而且不會流汗，只是顏色為黑色的，於是我們找了一張淺色牛皮紙，貼在熱盤上，以替代人體。

四、為何選用黑、藍、紅、果綠、黃、白這六色及棉質、排汗衫這兩種材質來進行實驗二~實驗五？

一開始我們也想多做一些顏色，但礙於經費購買了抹布，收集了很多顏色抹布（圖三十八），但進行實驗後，發現沒有規則，經過研究後發現可能是抹布上的絨毛，會保存空氣，干擾了熱的傳遞，且每塊抹布的絨毛長度、密度也可能不同，我們只好上網購買衣服，網上有的純色 T 恤材質就只有綿質及排汗衫，我們找到較低價的排汗衫廠商，他的綠色只有果綠，而棉 T 廠商顏色較齊，所以經過商議就決定購買這 6 種顏色差異較大的衣服。



圖三十八各色抹布

五、為何模擬太陽的器材由傳統燈泡檯燈改為鹵素燈？且衣料要以保特瓶罩住？



圖三十九抹布實驗



圖四十鹵素燈鐵片

一開始我們只是以家裏有的東西來進行實驗，經過實驗一，發現 DHT11 可以進行這個題目後，借了 3D 列印機以抹布做實驗時，我們發現每次實驗數據差別有些大，懷疑是空氣流動所造成，就隨手找到 3D 列印機線材用完的空盤放上（圖三十九），結果有好些，我們在收集到的資料中發現可以用鹵素燈當加熱源，於是到實驗室尋找，找到了鹵素燈，鹵素燈燈泡為朝下，且有四片鐵片可彎下集中燈源（圖四十），所以我們就收集了管徑與鹵素燈燈泡差不多的透明（避

免顏色干擾實驗) 保特瓶來加工，第一個保特瓶裝上後，因為鹵素燈溫度太高造成上口緣融化，所以我們包上了布，鐵片外也用毛巾包上，除了避免再次燒融也可增加密閉性。

六、為何實驗一的結果為黑色較涼，而實驗二為黑色較熱？

實驗一以人體受測，布與皮膚間有縫隙，人體會流汗，體溫也不固定，無法控制變因較多，但貼近實際生活，實驗二僅顏色及布料材質為操作變因，其餘變因皆為控制變因；根據資料（2020.8.4 科普中國），人體的皮膚可以通過輻射散熱、傳導散熱、對流散熱和蒸發散熱這四個途徑來散熱，當我們出行在太陽光的照射下時，占主要散熱地位的應該是蒸發散熱，皮膚與衣服之間的對流散熱，將以相當大程度的輔助蒸發散熱，其次是輻射和傳導散熱，而恰好實驗二是緊貼於熱床上，僅以輻射和傳導傳熱，因此造成結果不同。

七、為何實驗二、實驗三和實驗五衣服表面溫度變化皆是黑>紅>黃>果綠>藍>白？

這幾個實驗衣服上表面都有保特瓶罩住，所以熱主要以輻射方式傳遞，衣服表面溫度高低決定於顏色以輻射吸收熱量的能力，可見光的顏色大致可分為紅、橙、黃、綠、青、藍、紫，根據普朗克的關係式： $E = h\nu$ 經過運算我們可以得到更多關係式：

$$E = h\nu = hf = h\left(\frac{c}{\lambda}\right)$$

表十六

其中 E 為能量（單位： J ）， h 是指普朗克常數 $h = 6.626 \times 10^{-34} (J \cdot s)$ ， ν 為頻率 f （單位： Hz ）， c 為光速（單位： $\frac{m}{s}$ ）， λ 為波長（單位： m ）

紅光的波最長，能量最低；紫光的波長最短，能量最高（表十六）。另外，之所以能看見物體的固有顏色，不是因為它本身就是那個顏色，而是它不吸收該顏色的光，把其他顏色的光吸收了，該顏色的光被反射到眼睛中。紅色的衣服會吸收其他波長較短且能量較高的可見光，而白色衣服基本不吸收可見光，黑色衣服基本是全部吸收可見光，所以從理論上來說，單純考慮衣服顏色，黑色衣服吸收可見光的能力最強，衣服溫度最高；白色衣服吸收可見光的能力最弱，衣服溫度最低；紅色等可見光的顏色吸收光的能力介于白色和黑色之間，依理論排序為黑>紅>黃>綠>藍>白，而我們排除了對流讓熱以輻射方式傳遞也得到相同結果，而實驗五衣服上表面是暴露在空氣中，因此增加了對流散熱，所以結果也就不一樣。

八、實驗二的皮膚表面溫度為何為黑>藍>果綠>黃>紅>白？

根據黑體輻射定律，吸收能力強，其輻射能力也強，實驗二衣服表面溫度變化為黑>紅>黃>果綠>藍>白，根據黑體的總輻射功率 E_b 的計算公式如下： $E_b = \sigma T^4$ 溫度愈高輻射出來的能量愈高，因此黑>白，我們也很納悶為何其他顏色是顛倒的，經過討論應該是紅色衣服反射出紅色光到皮膚上，其能量比藍色衣服反射的藍色光能量低，因此出現皮膚表面溫度藍>果綠>黃>紅的結果，但黑色不反射光，白色全反射光那又為何不是白>黑？所以我們覺得衣服輻射出來的能量多寡除了考慮衣服的溫度，還要考慮衣服的顏色，衣服吸收了其他顏色的光後會大量反射出來，一部分從衣服的外表面反射出來，一部分從衣服的内面輻射到皮膚表面，而我們實驗時外界的溫度為 30~29℃，熱床的溫度為 37℃，這總總的因素造就了實驗的結果。

九、實驗一中的涼感衣號稱穿比不穿還涼，那為何實驗結果溫度比綿 T 還高？

涼感衣的主要材質為尼龍、聚酯纖維及彈產纖維皆為合成聚合物，本身就不透氣，有些加了些石粉，因此愈熱時溫度反而升很高，在冷氣房裏才比一般衣服涼爽，我們的實驗是在模擬大太陽下進行，因此涼感衣就失去它的效果，說實話在冷氣房才會涼也不必花大錢買涼感衣了。

十、實驗三布料與皮膚隔開的距離為多少，就得到穿黑色綿質衣較涼的結果？

我們隔開的距離為 1.5cm，以這個數字來設計隔開架，是因為一般穿衣服，由人體的曲線，所造成衣服與皮膚間的間隙就是差不多這個數據，我們查到的有些資料說，要像中東人穿長袍那麼寬鬆，一般的衣服達不到黑衣較涼的效果，但我們做出穿棉質衣，一般剪裁的衣服（緊身衣除外）就有效果了。

十一、實驗一及實驗四皆無保特瓶罩著，但實驗一沒穿皮膚表面溫度最高，實驗四沒穿溫度最低，為何會有此結果？

實驗一為人體實驗，皮膚在沒有衣服遮蔽下直接受燈泡照射，雖然有冒汗，但還是感覺熱，受測同學也說被燈照射的皮膚有灼熱感，所以人體受熱體溫會上升，而實驗四受測為熱床是機器，並不會因為光照本身提高溫度，反而因為通風而溫度變低。

十二、實驗四的結果，為何與其他實驗差異大？

實驗四的散熱方式增加了對流，衣服因輻射吸收比較多的熱量，而造成衣服表面溫度較高，也會因為溫度較高而形成熱對流，也就是煙囪效應而帶走熱量，在這兩種方式的對抗下，而造成了實驗四的結果，我們查了資料，這個結果與屏東 61 屆科展是一樣的，衣服表面溫度也是按照衣服深淺排，可能在大箱子裏做實驗，空氣也是有些流動吧，而皮膚表面溫度也因輻射與對流而雜亂不已，不過黑變成最涼的。

十三、實驗五的黑白兩色，有風扇吹拂下衣服與皮膚表面溫度變化為何是相反的？

衣服表面有保特瓶罩住，所以熱主要以輻射方式吸收，而衣服的熱會以輻射和對流的方式傳至皮膚，所增加的風扇，吹出的風透過衣服纖維孔隙，吹到衣服內表面與皮膚間的縫隙，增增強了對流，造成了此結果，而其他顏色並未相反，而且有風吹拂下，各色衣服的皮膚表面溫度相差很小，幾乎相同。

十四、實驗五為何風扇要以 1m/s 的速度吹拂？

我們以風速計測試（圖四十一），發現風速太大，很快溫度就達平衡，無法區別不同顏色衣服的差異，而風速太小，風速就無法固定，會受周圍空氣流動影響，所以才以 1m/s 的風速來進行實驗。



圖四十一

十五、為何不以拉力秤來測量衣服重？而是以電子秤來測量？

我們也有購買拉力秤，但買來後才發現最小刻度為 5g（圖四十二），實際測量後發現根本無法區別不同尺寸的交叉衣架讓衣服乾燥的快慢，所以我們只能利用較精準的電子秤，將其置於懸空木板上（圖四十三），測量時將尼龍繩置於秤盤上，這樣衣服也不會碰到秤（圖四十四），還能得到至小數點一位的數據。



圖四十二



圖四十三



圖四十四

十六、實驗六為何同一尺寸的交叉衣架要三個一組置於木條上，以電子秤一起秤？而不一個尺寸放一個，直接掛在曬衣桿上，一種尺寸也只秤一個？

為了讓實驗更準確，原本我們打算同一尺寸的衣架多做幾次取平均值，但考慮到空氣的溫度、溼度一直在變，最好是同一時段做，所以就一組三個以木條組合起來，並每次測量完移動吊掛位置(圖四十五)，以增加準確度。



圖四十五

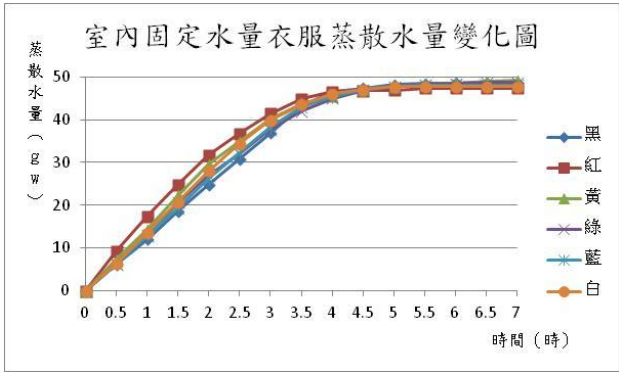
十七、使用洗衣機一起清洗衣服，為何每件衣服的含水量都不同？

我們猜測應該是脫水時，有些衣服較靠洗槽外側轉速快，水分附著力不足；靠中心的則較溼。我們也試過每件乾衣服加入定量水來晾乾(圖四十六)，但水不能加太多，以不滴水為準，結果衣服溼的位



置不一定，如果是在領口及腋下，就比較不容易乾，會造成誤差，得到圖四十七的結果，而且使用洗衣機洗完晾曬也比較貼近生活。

圖四十六



圖四十七

十八、為何 5cm、6cm、7cm 三種尺寸交叉衣架是 6cm 效果最佳？而不是將衣服撐最開的 7cm？

衣服乾燥主要是靠纖維水分蒸發變成水蒸氣，而乾燥的快慢取決於環境的溫度、濕度、衣服表面積及衣服表面空氣的流動，我們的實驗是同時間做的，也使用同一尺寸的衣服，所以溫度、濕度、表面積是一樣的，所以造成差異只剩空氣的流動，且從表十三可看到，開始一小時 7cm 是比 6cm 水蒸散量多，但相差不多，後來 6cm 的總含水量多，所以就追上了，因此我們認為應該撐愈開愈快乾，但是使用 7cm 交叉衣架，要穿入領口已有些困難，常期使用可能會讓領口變形，綜合這些考量，我們認為 6cm 是最佳撐開距離。

十九、為何在室內晾曬，衣服的顏色不影響乾燥速率，而在太陽下晾曬就有影響？

在室內晾曬，光線不強，溼衣蒸發水分，主要靠空氣流動，帶走衣服表面水蒸氣，而在太陽下晾曬，除了空氣流動帶走水氣外，衣服本身也會以輻射方式吸收熱量，使衣服溫度上升，這也增快水分的蒸發，而黑衣吸熱最多，所以也最快乾。

二十、為何在太陽下衣服乾燥快慢為黑>紅=黃>綠=藍>白？

按照吸收輻射熱的能力為黑>紅>黃>綠>藍>白，我們曝曬的地點一直有太陽光照射到，但隨著時間，太陽照射角度有變化，當天也有起風，雖然每隔 10 分鐘就移動位置多少還是會有誤差，但黑衣與白衣的差別很明顯。

二十一、以下是我們實驗總結：

(一) 穿什麼色較涼

衣服材質	衣服內外環境	結果	主要傳熱方式
棉 T 涼感衣	外：開放 內：人體	衣：台黑涼>黑棉>白涼>陸黑涼>白棉>沒穿 皮：沒穿>白棉>白涼=陸黑涼>台黑涼>黑棉	輻射、對流
棉 T	全密閉	衣：沒穿>黑>紅>黃>果綠>藍>白	輻射、傳導

排汗衫		皮：沒穿>黑>藍>果綠>黃>紅>白	
棉 T 排汗衫	外：密閉 內：開放	衣：黑>沒穿>紅>黃>果綠>藍>白 皮：排汗衫—黑>藍>果綠>紅>黃>白>沒穿 棉 T—白>黃>果綠>紅>藍>黑>沒穿	輻射、對流
排汗衫	全開放	衣：黑>藍>紅>果綠>黃>白>沒穿 皮：果綠>紅>藍>白>黃>黑>沒穿	輻射、對流
排汗衫	外：密閉 內：開放+風	衣：黑>沒穿>紅>黃>果綠>藍>白 皮：白>黃>果綠>紅>藍>黑>沒穿	輻射、對流

(二) 晾什麼色快乾

實驗	結果
衣架撐開	6cm
室內晾	與顏色無關
太陽下晾	乾燥速度黑>紅=黃>綠=藍>白

捌、參考資料及其它

- 一、西米 Lu (2021 年 8 月 20 日)。夏天穿哪種顏色的衣服最涼快？。風傳媒新新聞。取自：
<https://www.storm.mg/lifestyle/3890445>
- 二、郭家宏 (2019 年 7 月 24 日)。「夏天穿白色的衣服比較涼」，真的嗎？。科技報。取自：
<https://today.line.me/tw/v2/article/Y9G75Q>
- 三、Cloudiink (2019 年 6 月 23 日)。夏天也不能裸体出门的热力学理由環球科學。取自：
https://mp.weixin.qq.com/s/r1Zmg3H3L1NyZiITXWx6ZQ?_trms=ecdfdd4b8e96eed4.1729961914378
- 四、人民号 (2020 年 8 月 4 日)。颜色越浅越凉快？夏天穿衣服讲究比你想象的还多！。科普中國。取自：<https://www.peopleapp.com/rmharticle/30017353450>
- 五、蔡智恆 (2017 年 12 月 12 日)。Arduino 溫濕度計輸出 LCD (四) 雙偵測器顯示。取自：
<http://orangevblog.blogspot.com/search/label/8larduino?updated-max=2018-08-23T03:05:00-07:00&max-results=20&start=4&by-date=false>
- 六、. 郭重吉等 (2017)。自然與生活科技第三冊 (再版)。台北市：南一出版社。
- 七、朱芷葶、田祐僖、陳威辰 (2021)。“Color heat” 衣服的顏色你選對了嗎？--利用仿生材料人工皮，探討布料的顏色對皮膚保熱與散熱的影響--。第 61 屆屏東縣中小學科學展覽作品。取自：https://sci.ptc.edu.tw/Pthsci61/Upfile/Works/1614939373_656936_21.pdf
- 八、劉家好彭芊予顏芊綺趙宇謙. 呂繡婕. 李洋洋謝慧瑜 (2023)。穿比不穿還涼！。第 63 屆新竹縣中小學科學展覽作品。取自：<https://doe.hcc.edu.tw>
- 九、顏琮恩、劉承翰、曾子菱 (2018)。大『架』『乾』臨。第 58 屆屏東縣中小學科學展覽作品。